

# 河南省土壤墒情格点化预报方法研究

魏璐<sup>1</sup>, 赵国强<sup>2</sup>, 鲁坦<sup>3</sup>, 杜子璇<sup>4,5</sup>, 郭学峰<sup>1</sup>

(1. 河南省气象科技服务中心, 河南 郑州 450003; 2. 河南省气象局, 河南 郑州 450003;  
3. 河南省气象台, 河南 郑州 450003; 4. 河南省气象科学研究所, 河南 郑州 450003;  
5. 中国气象局 农业气象保障与应用技术重点开放实验室, 河南 郑州 450003)

**摘要:** 利用全球模式 T213 驱动区域气候模式 Reg CM3, 进行为期 7 d 的预报, 然后将模式结果应用于土壤水分预报模型, 建立格点化的土壤水分实时预报模型。3 次试报的相关系数均在 0.65 以上, 标准化平均偏差及标准化平均误差基本都在 20% 以内, 说明该模型对河南省土壤相对湿度有一定的模拟能力。

**关键词:** 土壤墒情; 区域气候模式; 全球模式 T213; 格点化预报

**中图分类号:** S165<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2010)06-0071-05

## Study on Soil Moisture Grid Point Forecast in Henan Province

WEI Lu<sup>1</sup>, ZHAO Guo-qiang<sup>2</sup>, LU Tan<sup>3</sup>, DU Zi-xuan<sup>4,5</sup>, GUO Xue-feng<sup>1</sup>

(1. Meteorological Science and Technology Service Center of Henan Province, Zhengzhou 450003, China;  
2. Henan Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003, China; 3. Henan Provincial Meteorological Observatory,  
Zhengzhou 450003, China; 4. Henan Institute of Meteorological Sciences, Zhengzhou 450003, China;  
5. Key Laboratory of Agrometeorological Safeguard and Applied Technique, CMA, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** The regional climate model Reg CM3 driven by global model T213 was run for 7 d to forecast, and then the results were used for soil moisture prediction model to make grid soil moisture prediction. The results showed that the correlation coefficient in three times was all above 0.65 and both the average standard deviation and mean standard error were below 20%, suggesting that this model has certain analog capability in soil moisture simulation in Henan province.

**Key words:** Soil moisture; Regional climate model; General circulation model T213; Grid prediction

农田土壤水分状况一直是农业生产研究中的重要课题,我国大约有 2/3 的耕地面积经常处于缺水状态,限制了作物生长发育,造成光热资源浪费。其中又有 1/3 的灌溉农田由于缺乏科学的水管理,造成水资源浪费。为保证干旱半干旱地区的农业持续稳定发展,我国近年来加强了节水农业的研究,取得了一定进展。在干旱半干旱地区农田节水研究中,围绕农田水分交换及水分消耗,墒情和干旱状况监测和预测,国内科技工作者进行了大量的探索和研究性工作。20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期,随着研究工作的逐步深入,国内学者对几个主要的土类开展了定位或半定位的土壤含水量动态监测<sup>[1]</sup>。王季槐等<sup>[2]</sup>

根据土壤水量平衡原理,对甘肃定西半干旱地区春小麦农田土壤墒情进行了预报。卢玉邦<sup>[3]</sup>根据降雨径流模型以及土壤水量平衡原理对土壤墒情进行了预报。裴步祥等<sup>[4]</sup>、巫东堂等<sup>[5]</sup>、杨必仁<sup>[6]</sup>、王桂玲等<sup>[7]</sup>、杨兴国等<sup>[8]</sup>、侯琼等<sup>[9]</sup>、蒋洪庚等<sup>[10]</sup>、邓天宏等<sup>[11]</sup>、王振龙<sup>[12]</sup>利用实测资料,根据土壤水量平衡原理建立了所研究区域的土壤墒情预报模型。

近年来,国内外开始研究流域或灌区尺度的土壤墒情预报,但仍未有非常好的区域预报方法。对于区域性的墒情预报,目前主要采用以单站综合的方法,由于影响土壤水分的因素复杂,墒情站代表的面积越大,其综合误差越大,即使按分区进行,也因下垫面的

收稿日期: 2009-12-24

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(2006GB24160426)

作者简介: 魏璐(1981-),女,河南郑州人,硕士,主要从事短期天气预报与研究工作。

土壤、植被、地质、地貌和水文地质条件的不同,其代表性也有一定的局限。尤其是对于作物混合种植、各种空间分布情况下的土壤墒情预测预报还较少。

目前,很多省份的土壤水分预报业务仍是以中期预报为依据,离散点土壤相对湿度预报存在主观性强、预报精度差的缺点。鉴此,本研究尝试用全球模式 T213 来驱动区域气候模式 Reg CM3,进行为期 7 d 的预报,然后将模式结果应用于土壤水分预报模型,建立格点化的土壤水分实时预报模型。

## 1 材料和方法

### 1.1 区域气候模式 RegCM3 所使用资料及相关说明

1.1.1 全球模式及嵌套方案 用来嵌套区域气候模式 RegCM3 的全球环流模式是国家气象局通过 9210 下发的 T213 模式。T213 是国家气象中心目前运行的中期数值天气预报模式,为三角截断波数 213 的谱模式,预报时效 240h (9210 系统下发产品时效 168h),垂直方向 31 层,水平网格距  $0.5625^{\circ} \times 0.5625^{\circ}$ ,于 1997 年引进了欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 的中期数值预报谱模式源代码。

1.1.2 区域气候模式参数设置 全球模式的强迫通过边界提供给区域模式,形成区域模式大尺度大气结构,区域模式在内部又将产生和发展自己的天气尺度和中尺度系统。因此,边界场的提供方法非常重要。一方面,由区域模式引起的大尺度环流形势场必须与全球模式提供的大尺度强迫场一致,另一方面,大尺度强迫不能太强,以致掩盖了区域模式本身的高分辨信息。为了减弱这种影响并包含尽可能多的信息,选择以  $34^{\circ}\text{N}$ 、 $114^{\circ}\text{E}$  为中心,南北方向的格点数取为 108,东西方向的格点数为 108,水平分辨率取为 20 km。

除模拟区域、缓冲区大小的选择外,参数化方案也是对模拟有较大影响的因子之一。本次模拟辐射采用 NCAR CCM3 方案、海表通量参数化方案使用 Zeng 方案、行星边界层使用 Holtslag 方案、积云对流参数化方案选择基于 Fritsch & Chappell 闭合假设的 Grell 方案。

模式使用的地形由美国地质勘探局 (USGS) 制作的  $10' \times 10'$  (经度  $\times$  纬度) 地形资料插值得到,植被覆盖资料在河南省区域内使用中国农科院遥感中心提供的实测资料,河南省区域外使用美国地质调查局基于卫星观测反演的 GLCC (global land cover characterization) 资料。

### 1.2 河南省土壤墒情预报模型原理

土壤水分动态预报主要涉及气象、作物、土壤 3

个方面因素,为了避免动态模型中考虑太多的因素,这里使用土壤水分平衡方程,逐日预报中在不考虑灌水的情况下,可写为:

$$W_i = W_{i-1} + P_{ei} + K_i - ET_{di} \quad (1)$$

式中,  $W_i$  为时段末的土壤含水量 (mm),  $W_{i-1}$  为时段初的土壤含水量 (mm),  $P_{ei}$  为时段内的有效降水量 (mm),  $K_i$  为时段内地下水补给量 (mm),  $ET_{di}$  为时段内作物耗水量 (mm)。

各分量的计算方法如下:

① 时段初的土壤含水量  $W_{i-1}$  由实测土壤湿度  $\theta$  插值到格点得到,其计算公式为:

$$W_{i-1} = 10 \times \theta \times P \times h \quad (2)$$

式中,  $\theta$  为用烘干法测得的重量土壤湿度 (%), 的分子项;  $P$  为土壤容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $h$  为土层厚度 (m), 模型中取 1 m; 10 为单位换算系数。

② 时段内有效降水量  $P_{ei}$  有效降水量是指进入计划土层的净降水量,其计算公式为:

$$P_{ei} = R - T - L - I_t \quad (3)$$

式中,  $P_{ei}$  为有效降水量 (mm);  $R$  为预报降水量 (mm), 可由区域气候模式 Reg CM3 的输出产品得到;  $T$  为径流量 (mm), 与降水强度、降水持续时间等因素有关, 河南省在小麦生长季降水量一般不大,  $T$  可视为 0;  $L$  为深层渗漏量 (mm), 当土壤水分不超过田间持水量时, 渗漏量忽略不计, 当土壤水分超过田间持水量时 (灌溉或降水后), 超过部分作为渗漏处理;  $I_t$  为植被截留量 (mm), 随作物发育阶段不同而不同, 冬小麦分蘖前截留量可以忽略不计, 分蘖至拔节一次降水截留量为 0.5 mm, 拔节至孕穗为 2.8 mm, 孕穗至成熟为 4.2 mm。

③ 时段内地下水补给量  $K_i$  小麦拔节前根系较浅, 地下水补给量可不予考虑。拔节后及夏玉米地下水补给量  $K_i$  的经验计算公式为:

$$K_i = ET_{d0} / e^{2H} \quad (4)$$

式中,  $H$  为地下水埋深 (m),  $ET_{d0}$  为阶段潜在耗水量 (mm)。

④ 作物耗水量  $ET_{di}$  作物阶段耗水量计算模型可写为:

$$ET_{di} = ET_{0i} \cdot K_{\alpha} \cdot K_{si} \quad (5)$$

式中,  $ET_{0i}$  为某阶段参考作物耗水量 (mm), 采用联合国粮农组织 1992 年推荐的最新修正 Penman-Monteith 公式来确定, 式中各参数均可由 Reg CM3 模式输出结果直接得到或计算得到;  $K_{\alpha}$  为某生育阶段作物系数;  $K_{si}$  为土壤水分胁迫修正系数。

将式 (2) — (5) 代入式 (1), 即可进行土壤墒情的

动态预报。

1.3 统计分析

为对预报结果进行定量检验，分别计算河南省 116 个站点的土壤相对湿度预报值与实况监测值之间的相关系数 (COR)、平均偏差 (MB)、标准化平均偏差 (NMB)、均方根 (RMSE)、标准化平均误差 (NME)。计算公式如下：

$$MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (fore - obs),$$
$$NMB = \frac{\sum_{i=1}^N (fore - obs) / \sum_{i=1}^N obs}{\sum_{i=1}^N obs},$$
$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (fore - obs)^2 \right]^{0.5},$$
$$NME = \frac{\sum_{i=1}^N |fore - obs| / \sum_{i=1}^N obs}{\sum_{i=1}^N obs}$$

式中, fore 是模型预报的结果, obs 是站点观测

结果, N 是统计分析所选取的资料样本数, 在本研究中为 116。

2 结果与分析

2.1 RegCM3 模拟结果与实况对比

2.1.1 地面气压场 图 1(a) 为 2006 年 3 月上旬地面气压场的模拟结果。从图 1 可以看出, 气压场呈东高西低的趋势, 在河南省西部气压梯度较大, 这与实况图 1(b) 比较一致。

2.1.2 地面 2m 高度处温度场 图 2(a) 为 2006 年 3 月上旬平均地面 2m 高度处温度场的模拟结果。由图 2 看出, 在 116°E 附近存在一个温度脊, 在 118°E 附近存在一个温度槽, 这与实况也较吻合。但在较高纬度, 模拟值较实况值偏高。

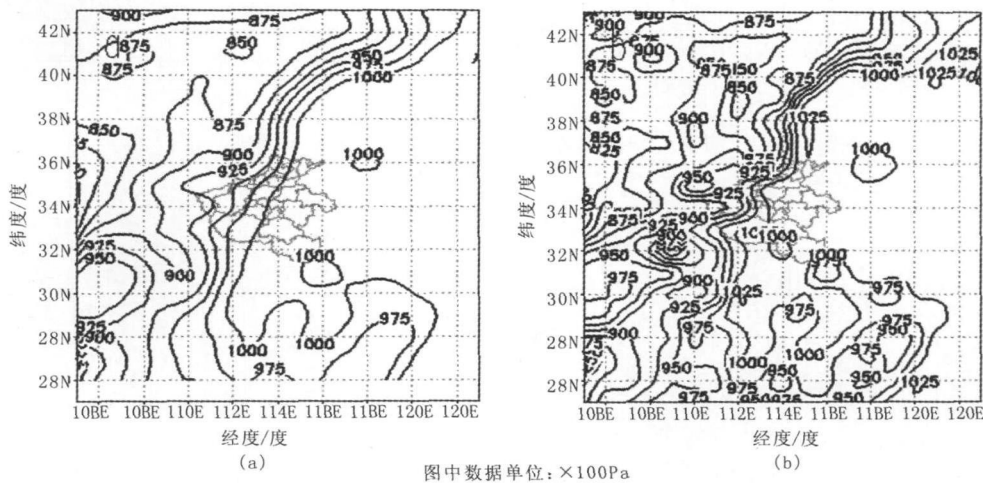


图 1 2006 年 3 月上旬平均地面气压的模拟(a)和实况(b)

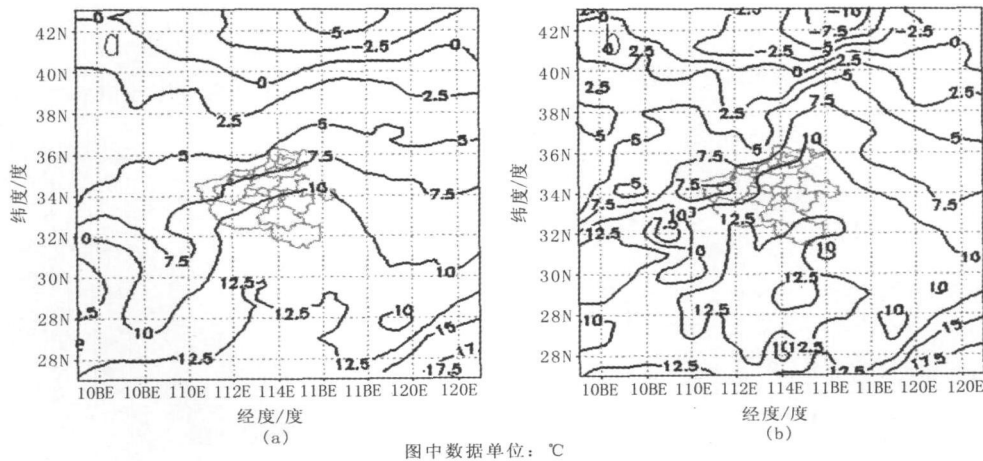


图 2 2006 年 3 月上旬平均地面 2 m 高度处温度场的模拟(a)和实况(b)

2.1.3 地面旬降水量 图 3(a) 是 2006 年 3 月上旬地面旬降水量模拟结果, 图 3(b) 是 2006 年 3 月

上旬河南省 116 站旬降水量实况。从图 3 可以看出, 模拟值西部、南部降水量较大, 这与实况一致, 但整体量级较实况偏小。

综上, 图 1(a)、图 2(a)、图 3(a)在量级上与实况比较接近, 可用于土壤水分预报模型。

2.2 预报结果分析

为了检验土壤水分模型的预报能力, 选取小麦拔节后的生长关键期 4 月中上旬进行试报。模拟值与实况值的对比情况见图 4—图 9。

图 4 是对 2006 年 4 月 8 日土壤相对湿度模拟,

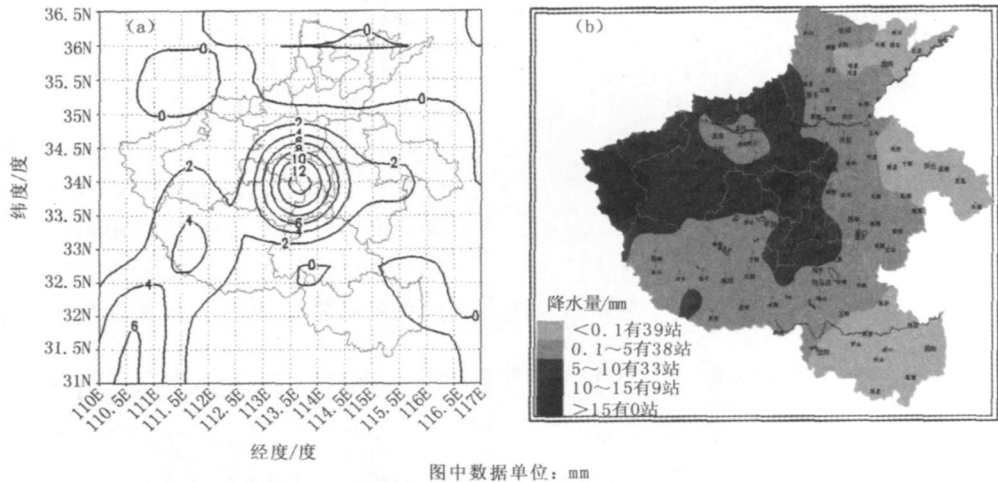


图 3 2006 年 3 月上旬地面旬降水量的模拟(a)和实况(b)

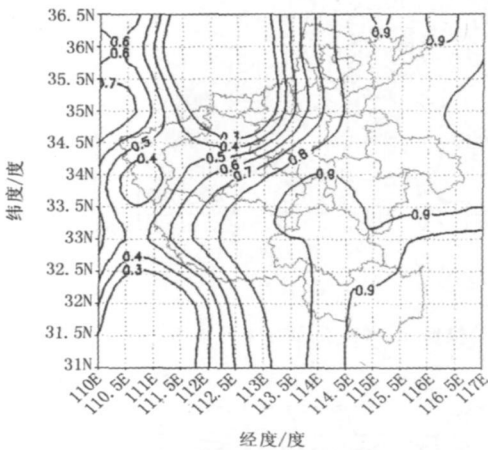


图 4 2006 年 4 月 8 日土壤相对湿度模拟值

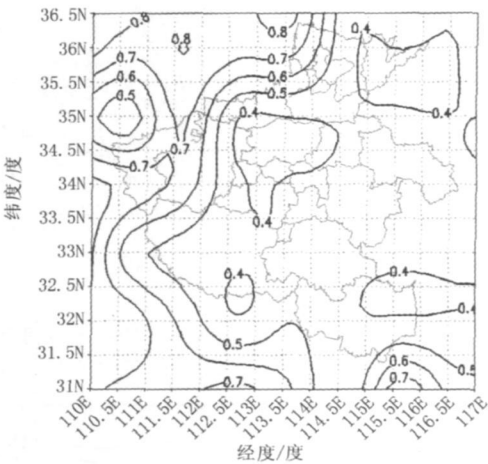


图 6 2006 年 4 月 18 日土壤相对湿度模拟值

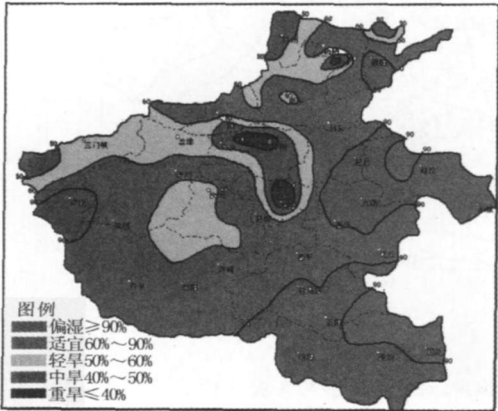


图 5 2006 年 4 月 8 日土壤相对湿度实况值

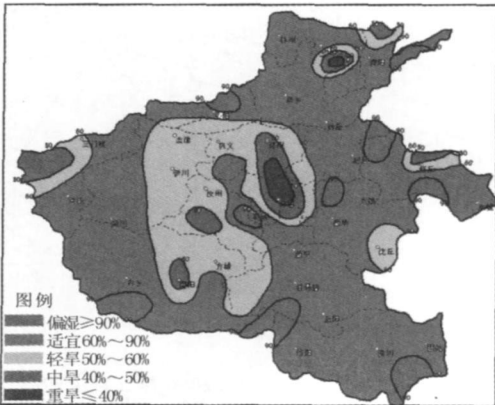


图 7 2006 年 4 月 18 日土壤相对湿度实况值

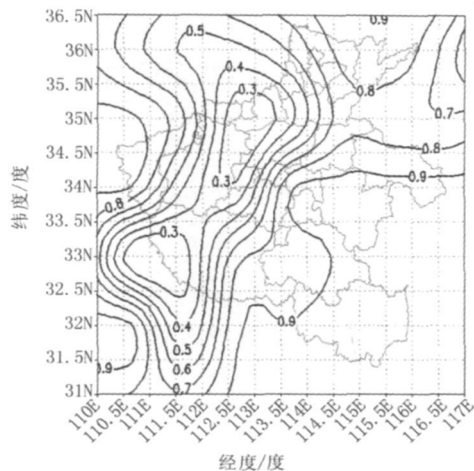
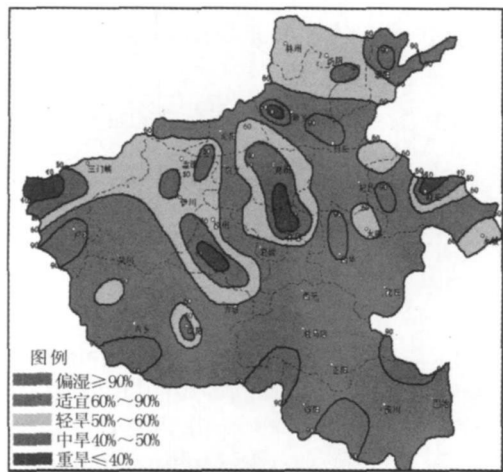


图8 2006年4月28日土壤相对湿度模拟值



图中数据为土壤质量含水率占田间持水量的比例/%

图9 2006年4月28日土壤相对湿度实况值

湿度小于40%的重旱区位于焦作、郑州西部,与实况相比位置略偏西偏北,位于河南省东南部的偏湿区较实况面积略小。图6是对2006年4月18日土壤相对湿度的模拟,位于河南省中部的重旱区与实况较一致,但信阳东部的重旱区与实况有一定偏差。图8是对2006年4月28日土壤相对湿度的模拟,相对湿度分布整体呈西北部小,东南部大,与实况也比较吻合。可见土壤水分预报模型对土壤水分的变化有一定的预报能力。

2.3 统计分析计算结果

河南省116个站点的土壤相对湿度预报值与实况监测值之间的相关系数(COR)、平均偏差(MB)、标准化平均偏差(NMB)、均方根(RMSE)、标准化平均误差(NME)见表1。3次试报的相关系数都在0.65以上,标准化平均偏差及标准化平均误差基本都在20%以内,说明该模型对河南省土壤相对湿度有一定的模拟能力。

表1 2006年4月河南省土壤相对湿度3次试报结果

时间/(月-日)	COR	MB	NMB	RMSE	NME
04-08	0.752	-0.114	-0.192	0.153	0.210
04-18	0.755	0.040	0.073	0.065	0.095
04-28	0.677	-0.048	-0.097	0.108	0.165

3 小结与讨论

1) 驱动RegCM3需要提供全球模式的侧边界及初始场,目前业务中T213为最合适的选择。为检验模式模拟效果,选取了模式结果中的地面气压场、地面2m高度处温度场、地面2m高度处比湿场以及地面降水量与实况资料进行了对比,结果较一致,可用于为河南省土壤墒情预报模型提供初始场。

2) 为了检验土壤墒情预报模型的模拟能力,选取了小麦拔节后生长关键期的4月份进行试报,试报结果表明,该模型对河南省土壤相对湿度有一定的模拟能力。

3) 用于驱动区域气候模式RegCM3的全球模式T213的预报实效为7d,但较长时段的预报精度较低,土壤水分模型对区域气候模式预报结果的依赖,直接影响到土壤湿度预报的准确率,需进一步修改完善。

参考文献:

[1] 庄季屏. 四十年来的中国土壤水分研究[J]. 土壤学报, 1989, 26(3): 241-248.

[2] 王季槐, 赵松岭, 叶振欧. 定西半干旱地区春小麦农田土壤水分动态的计算机模拟[J]. 土壤学报, 1987, 24(4): 388-391.

[3] 卢玉邦. 土壤水分预报模型的研究[J]. 土壤学报, 1989, 26(1): 51-56.

[4] 裴步祥, 毛飞, 吕厚荃. 我国北方春季土壤水分动态模拟预报模式的实验研究[J]. 北京农业大学学报, 1990, 16(S1): 116-122.

[5] 巫东堂, 焦晓燕, 韩雄. 旱地麦田土壤水分预测模型研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(1): 105-110.

[6] 杨必仁. 渭北旱原土壤水分预报方法探析[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 69-72.

[7] 王桂玲, 高亮之. 冬小麦田间土壤水分平衡动态模拟模型的研究[J]. 江苏农业学报, 1998, 14(1): 36-41.

[8] 杨兴国, 柯晓新, 张旭东, 等. 甘肃中部雨养农业区土壤水分预测模式的研究[J]. 甘肃气象, 1998, 16(4): 42-44.

[9] 侯琼, 郝文俊. 内蒙古地区玉米农田土壤墒情动态预测模式[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(4): 50-56.

[10] 蒋洪庚, 夏自强, 陈海芳. 区域土壤墒情模型研究[J]. 河海大学学报, 2000, 28(5): 21-24.

[11] 邓天宏, 方文松, 李英敏, 等. 冬小麦土壤墒情预报及优化灌溉技术的计算机模型[J]. 河南气象, 2001(1): 29-31.

[12] 王振龙. 安徽淮北地区墒情监测预报和抗旱信息系统研究[J]. 灌溉排水, 2001, 20(4): 60-62.

[13] 朱自玺, 赵国强, 邓天宏. 冬小麦优化灌溉模型研究及其应用[J]. 华北农学报, 1995, 10(4): 33-36.